

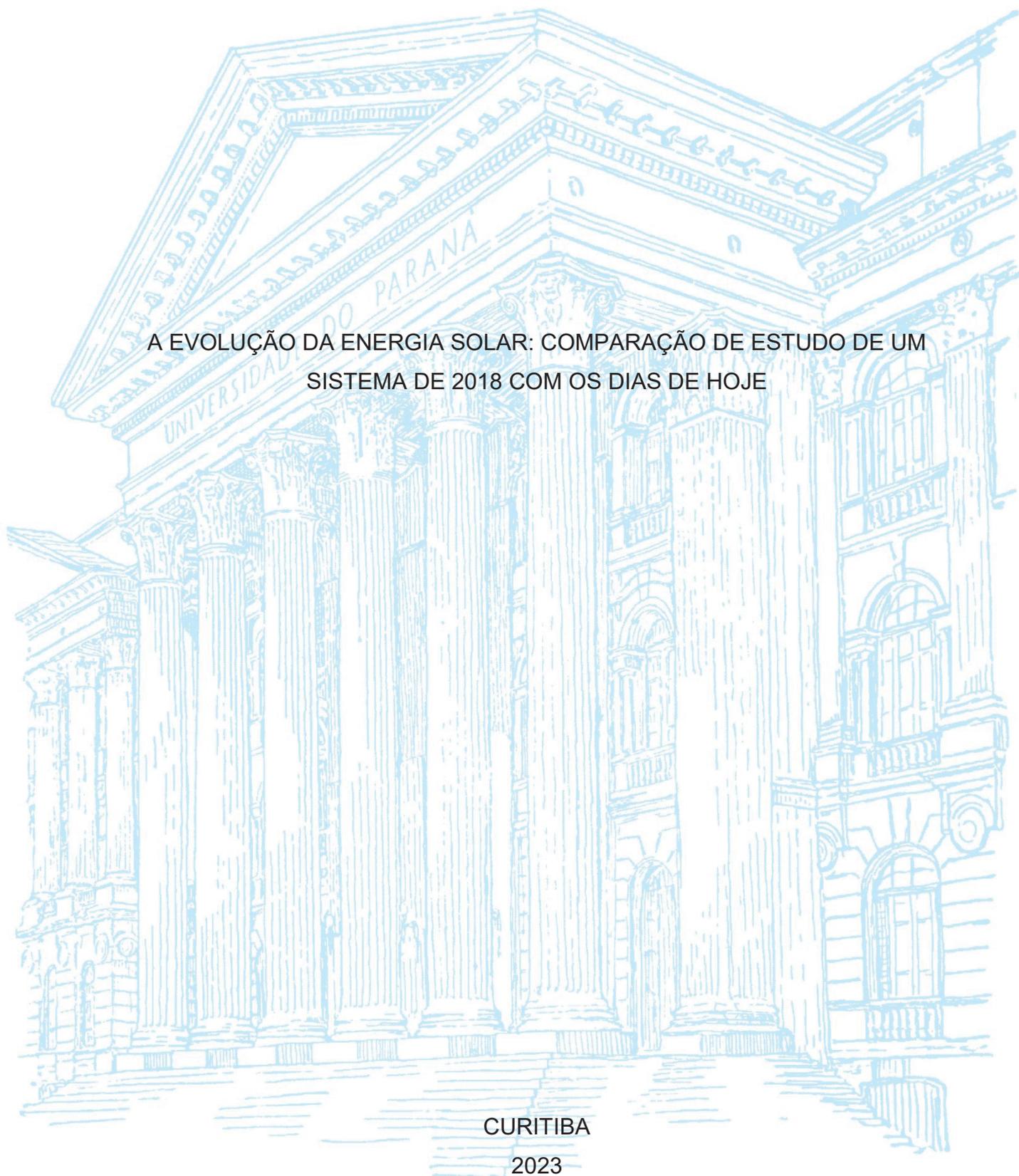
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

VINÍCIUS MATTIOLI VIOLADA

A EVOLUÇÃO DA ENERGIA SOLAR: COMPARAÇÃO DE ESTUDO DE UM
SISTEMA DE 2018 COM OS DIAS DE HOJE

CURITIBA

2023



VINÍCIUS MATTIOLI VIOLADA

A EVOLUÇÃO DA ENERGIA SOLAR: ESTUDO COMPARATIVO DE UM SISTEMA
INSTALADO EM 2018 COM OS DIAS DE HOJE

TCC apresentado ao curso de Pós-Graduação em MBA em Gestão Estratégica em Energias Naturais Renováveis, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Energias Renováveis.

Orientador: Prof. Dr Rodolfo Luiz Patyk

CURITIBA

2023

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus e à Maria Três Vezes Admirável de Schoenstatt por me guardarem e protegerem em todos os momentos de dificuldade e trem me guiado até aqui.

Aos meus pais, irmãos e avós, que durante toda minha trajetória, nunca mediram esforços para me ajudar e foram fonte de inspiração para ser uma pessoa e profissional que preza pelos princípios da integridade, honestidade e ética.

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná pela oportunidade de me formar Engenheiro Eletricista, à Universidade Federal do Paraná por ter ofertado o presente curso de especialização em Energias Renováveis, tema tão importante e fundamental não só para a minha profissão, mas para toda a humanidade e à Raízen, pela oportunidade de atuar no mercado de trabalho e aplicar os conhecimentos que foram ensinados durante todos estes anos.

Aos amigos que fiz durante toda minha trajetória e sempre estiveram presentes na minha vida.

Aos colegas de turma e professores, pelos debates e troca de informações, que geraram uma ótima experiência de estudo durante as disciplinas ministradas, além da tutoria da UFPR, por sempre acompanhar as atividades e passar todas as informações necessárias para a melhor realização do curso.

E ao meu orientador, Prof. Dr. Rodolfo Patyk, por todo o entendimento e que sempre esteve disposto para ajudar e orientar no melhor desenvolvimento do presente trabalho.

RESUMO

O avanço da globalização e da demanda energética trazem como consequência o aumento da emissão de gases de efeito estufa. Com isso, faz-se necessário realizar uma transição energética, que consiste em buscar fontes alternativas de energia que sejam capazes de produzir energia de maneira limpa. Neste caso, a energia solar apresenta-se como uma das principais destas novas fontes renováveis de energia, já que o sol é uma abundante e gratuita fonte de geração de energia. Este trabalho apresenta o comparativo de um sistema de energia solar que foi instalado em uma residência de 4 pessoas no ano de 2018 na cidade de Cornélio Procópio – PR com as tecnologias atuais. Foi possível comprovar a relação do avanço da tecnologia na redução no tempo de *payback* do investimento, com o aumento da economia e comprovando-se a viabilidade da instalação do sistema de energia solar na residência.

Palavras-chave: Geração de energia. Energia Solar. Sistema Fotovoltaico. Transição Energética.

ABSTRACT

The advance of globalization and the demand for energy bring as a consequence the increase in the emission of greenhouse gases. With this, it is necessary to carry out an energy transition, which consists of finding alternative sources of energy that are capable of producing clean energy. In this case, solar energy presents itself as one of the main of these new renewable energy sources, since the sun is an abundant and free source of energy generation. This work presents the comparison of a solar energy system that was installed in a residence of 4 people in the year of 2018 in the city of Cornélio Procopio - PR with current technologies. It was possible to prove the relationship between the advancement of technology and the reduction in the investment payback time, with the increase in savings and proving the feasibility of installing a solar energy system in the residence.

Keywords: Power Generation. Solar Energy. Photovoltaic System. Energy Transition.

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Fluxos de caixa e saldos simples e descontado ano a ano para o sistema de 2018 e com módulos de 330W.....	13
TABELA 2 - Taxa anual utilizada e resultados obtidos para o sistema de 2018 e com módulos de 330W.	13
TABELA 3 - Fluxos de caixa e saldos simples e descontado ano a ano para o orçamento 1 e com módulos de 460W.....	14
TABELA 4 - Taxa anual utilizada e resultados obtidos para o orçamento 1 e com módulos de 460W.	15
TABELA 5 - Fluxos de caixa e saldos simples e descontado ano a ano para o orçamento 2 e com módulos de 550W.....	15
TABELA 6 - Taxa anual utilizada e resultados obtidos para o orçamento 2 e com módulos de 550W.	16

LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS

ABSOLAR – Associação Brasileira de Energia Solar

ACL – Ambiente de Contratação Livre

ACR – Ambiente de Contratação Regulada

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

ANESOLAR – Associação Nordestina de Energia Solar

GC – Geração Centralizada

GD – Geração distribuída

GEE – Gases de efeito estufa

EMUC – Empreendimentos de Múltiplas Unidades Consumidoras

RDSOL – Rede de Negócios em Energia Solar

TIR – Taxa Interna de Retorno

VPL – Valor Presente Líquido

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
1.1 JUSTIFICATIVA	9
1.2 OBJETIVOS	10
1.2.1 Objetivo geral	10
1.2.2 Objetivos específicos.....	10
1.3 METODOLOGIA.....	10
2 MATERIAL E MÉTODOS	12
3 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	13
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	18
REFERÊNCIAS.....	19
APÊNCIDE 1 – TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO	21
ANEXO 1 – ORÇAMENTO 1	22
ANEXO 2 – ORÇAMENTO 2	23

1 INTRODUÇÃO

Segundo a Associação Brasileira de Energia Solar (ABSOLAR), os sistemas fotovoltaicos podem ser divididos em duas modalidades: GD (Geração Distribuída) e GC (Geração Centralizada).

Aqueles que possuem capacidade instalada de até 5MW e são instalados em casas, empresas, fazendas e prédios públicos fazem parte da GD, cujas principais características são:

- GD junto à carga (local): Caracterizada por ser instalado em uma unidade consumidora e utilizar a energia gerada no próprio local de instalação;
- Condomínio com GD/EMUC (Empreendimentos de Múltiplas Unidades Consumidoras): Os próprios consumidores definem os percentuais de energia gerada para os condomínios. Outra opção é utilizar para as áreas comuns do edifício;
- Autoconsumo remoto: Um micro ou minigerador é instalado pelo consumidor em uma localidade diferente da sua residência, com a finalidade de utilizar os créditos de energia gerados para compensar o consumo e abater os valores da conta de energia elétrica;
- Geração Compartilhada: Empresas ou pessoas reúnem-se em uma sociedade para investir em um sistema de micro ou mini geração distribuída e os créditos gerados são distribuídos entre todos os sócios.

Já as usinas de grande porte, com potências instaladas acima de 5MW, fazem parte da GC, cuja energia gerada pode ser comercializada no Ambiente de Contratação Livre (ACL) e no Ambiente de Contratação Regulada (ACR).

No ACR, também chamado de Mercado Cativo, só existe a possibilidade do consumidor comprar energia elétrica da concessionária responsável de sua região. Leilões de energia são realizados para que as Distribuidoras de Energia comprem energia e o preço é determinado pela ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica).

Já no ACL, também chamado de Mercado Livre, existe a possibilidade do consumidor negociar livremente com as geradoras ou comercializadoras as condições de compra de energia elétrica. No entanto, existem dois contratos: com a

distribuidora, pelo uso do fio de transmissão e distribuição e com a geradora, por conta da compra de energia. (ENERGÊS, 2021).

De acordo com Daniel Lima, presidente da ANESOLAR (Associação Nordestina de Energia Solar e diretor da RDSOL (Rede de Negócios em Energia Solar), só no ano de 2019 a GD (Geração Distribuída) cresceu 158% em relação à soma total da potência instalada entre os anos de 2012 e 2018. Já no ano de 2020, houve um crescimento de mais 65%, em relação ao ano anterior. (CANAL SOLAR, 2021).

Ainda no final de 2021, o Brasil cresceu mais 65%, saltando de 7,9GW para 13GW. Já em 2022, mais 9,3 GW de potência foram adicionados, resultando em um crescimento de 80% em comparação ao ano anterior.

O total da capacidade instalada do país é de 23GW, onde 15,93GW fazem parte da GD e 7,07 GW da GC. (CANAL SOLAR, 2023).

A perspectiva para o ano de 2023 é que exista um crescimento de 10 GW, chegando à marca de 34GW de potência total. (CNN BRASIL, 2023).

1.1 JUSTIFICATIVA

Visto que o mundo de hoje é cada vez mais globalizado e isso contribui diretamente para o aumento da emissão de gases de efeito estufa (GEE), faz-se necessário realizar uma transição energética mundial, que consiste na substituição do consumo de matéria prima proveniente de fontes de combustíveis fósseis para uma matriz energética mais limpa, proveniente de fontes renováveis de energia.

De acordo com os especialistas do time de sustentabilidade da Raízen, empresa integrada referência global em bioenergia e com amplo portfólio de produtos renováveis, a transição energética está condicionada a diversos fatores, tais como o desenvolvimento sustentável, as mudanças climáticas, as inovações tecnológicas, a digitalização, o uso eficiente dos recursos energéticos e as fontes de baixo carbono.

Portanto, a utilização de sistemas fotovoltaicos para geração de energia elétrica são uma boa opção para contribuir com a transição energética e redução da emissão de GEE, visto que estes tipos de sistemas geram energia de maneira totalmente limpa, a partir de uma fonte abundante e inesgotável de energia: o sol.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Este trabalho tem por objetivo analisar a viabilidade de um sistema fotovoltaico de 2kW instalado no ano de 2018, em uma residência com 4 pessoas e compará-lo com as tecnologias atuais.

1.2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos do trabalho consistem em:

- Apresentar as duas modalidades de instalação de sistemas fotovoltaicos;
- Comparar as tecnologias de 2018 com as atuais;
- Comparar os tempos que os investimentos vão trazer retorno ao consumidor.
- Justificar a necessidade da transição energética;

1.3 METODOLOGIA

Com os temas de energias renováveis, sustentabilidade e transição energética cada vez mais presentes no cotidiano e vocabulário das pessoas, o presente trabalho busca contribuir estes assuntos.

Para a introdução teórica do trabalho, utiliza-se a pesquisa bibliográfica, que segundo Fonseca (2002), é realizada com base no levantamento de referências teóricas já analisadas, e publicadas por meios escritos e eletrônicos como livros, artigos científicos e página de *web sites*. Já para o desenvolvimento, onde realizou-se uma análise de dados de um sistema instalado em uma residência no ano de 2018 e comparou-se com as tecnologias atuais, utiliza-se a pesquisa documental. Esta, assemelha-se muito à pesquisa bibliográfica, no entanto, a diferença entre ambas consiste na natureza das fontes, já que a pesquisa documental é constituída de materiais que ainda não possuem um tratamento analítico, ou ainda podem ser reelaborados com base nos objetos da pesquisa. (GIL, 2002).

No campo material e métodos, utilizou-se as fórmulas do programa *Excel* para obter-se os valores de *payback* simples, *payback* descontado, TIR e VPL .

Para obter-se o *payback* simples, divide-se o módulo do último valor negativo da tabela saldo (-R\$500,00) pelo valor do fluxo positivo do ano seguinte (R\$3500,00) e soma-se o valor do ano correspondente (5).

Já para o *payback* descontado, divide-se o módulo do último valor negativo da tabela saldo descontado (-R\$235,08) pelo valor do fluxo positivo do ano seguinte (R\$2487,38) e soma-se o valor do ano correspondente (6).

Para a TIR, utiliza-se a função TIR do *Excel* em toda a coluna do fluxo descontado, então, o valor final é calculado automaticamente.

Por fim, o VPL é obtido utilizando-se a função VPL do *Excel*, também em toda a coluna do fluxo descontado, no entanto, considerando a taxa de 5% que foi determinada e o resultado final também é calculado automaticamente.

O sistema instalado no ano de 2018 foi projetado para suprir o consumo energético de uma família de 4 pessoas que possuía um consumo energético mensal de aproximadamente 460kWh.

O valor considerado para manutenção e limpeza dos painéis foi de aproximadamente 3% do valor total do investimento. Já a troca do inversor não foi considerada, visto que o avanço da tecnologia pode gerar incompatibilidade do equipamento com os módulos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O sistema estudado foi instalado no ano de 2018 e é constituído de 6 módulos solares da Canadian Solar, cada um com potência de 330W, e um inversor de 1,5 kW da Canadian Solar, ocupando no telhado do proprietário uma área total aproximada de 11m² e com potência total do sistema de 1.98kW. O valor total investido pelo cliente foi de R\$18.000,00, com todos os materiais e instalação inclusos.

Com o avanço da tecnologia, os módulos solares e inversores foram evoluindo e passaram a gerar mais energia por módulo em uma menor área total, além de que os custos dos equipamentos diminuiriam com o passar dos anos.

No intuito de verificar-se estes fatos, foi solicitado a uma empresa especialista no ramo de energia solar dois orçamentos, com potência total próxima dos 2kW do sistema original, todavia, com módulos fotovoltaicos mais atuais e de maior potência, para que seja possível realizar um comparativo entre as tecnologias e os custos do sistema 2018 com os atuais. Para garantir a confiabilidade do estudo, solicitou-se que o orçamento fosse realizado com os módulos e inversores mais atuais das mesmas marcas que foram utilizadas anteriormente, visto que os de 2018 acabaram ficando ultrapassados com o avanço da tecnologia.

O primeiro orçamento realizado pela empresa, constitui-se de 5 módulos solares de 460W da Canadian Solar e um inversor solar de 2kW da Growatt, que ocupam uma área total aproximada de 10m² e com potência total do sistema de 2,30kW. O valor total deste investimento é de R\$11.046,25, incluindo-se todos os materiais e instalação por conta da empresa.

Já o segundo orçamento, é composto por 4 módulos fotovoltaicos de 550W da Canadian Solar e um inversor solar de 2kW da Growatt, que ocupam uma área total aproximada de apenas 8m² e com potência total instalada de 2,20kW. O valor total deste investimento é de R\$ 10.950,98, também com todos os materiais e serviços inclusos no pacote.

3 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Em posse dos dados e resultados do sistema que foi instalado no ano de 2018, juntamente com os orçamentos fornecidos pela empresa e o auxílio da ferramenta *Excel* e suas fórmulas, foi possível projetar o *payback* simples e *payback* descontado, além da taxa interna de retorno (TIR) e valor presente líquido (VPL) dos sistemas com os novos módulos, de 460W e 550W. Com isso, é possível fazer a comparação dos fluxos de caixa e saldo dos três sistemas em estudo.

A Tabela 1 contém os fluxos e saldos, simples e descontado do sistema que foi instalado no ano de 2018. O valor negativo de R\$18.000,00 na segunda linha da coluna de fluxo, corresponde ao investimento inicial realizado pela família para a instalação do sistema. Já os valores positivos de R\$3.500,00 nas linhas seguintes, correspondem a economia anual que foi obtida no primeiro ano de instalação e projetada para os demais anos de vida útil, mas sem considerar as taxas e as desvalorizações ao longo do tempo. A coluna de fluxo descontado considera uma taxa de desvalorização de 5% ao ano desta economia gerada, devido a aumento de tarifas de energia e diminuição da eficiência dos equipamentos instalados.

Tabela 1: Fluxos de caixa e saldos simples e descontado ano a ano para o sistema de 2018 e com módulos de 330W.

ANO	FLUXO	SALDO	FLUXO DESCONTADO	SALDO DESCONTADO
0	-R\$18.000,00	-R\$18.000,00	-R\$18.000,00	-R\$18.000,00
1	R\$3.500,00	-R\$14.500,00	R\$3.333,33	-R\$14.666,67
2	R\$3.500,00	-R\$11.000,00	R\$3.174,60	-R\$11.492,06
3	R\$3.500,00	-R\$7.500,00	R\$3.023,43	-R\$8.468,63
4	R\$3.500,00	-R\$4.000,00	R\$2.879,46	-R\$5.589,17
5	R\$3.500,00	-R\$500,00	R\$2.742,34	-R\$2.846,83
6	R\$3.500,00	R\$3.000,00	R\$2.611,75	-R\$235,08
7	R\$3.500,00	R\$6.500,00	R\$2.487,38	R\$2.252,31
8	R\$3.500,00	R\$10.000,00	R\$2.368,94	R\$4.621,24
9	R\$3.500,00	R\$13.500,00	R\$2.256,13	R\$6.877,38
10	R\$3.500,00	R\$17.000,00	R\$2.148,70	R\$9.026,07
11	R\$3.500,00	R\$20.500,00	R\$2.046,38	R\$11.072,45
12	R\$3.500,00	R\$24.000,00	R\$1.948,93	R\$13.021,38
13	R\$3.500,00	R\$27.500,00	R\$1.856,12	R\$14.877,51
14	R\$3.500,00	R\$31.000,00	R\$1.767,74	R\$16.645,24
15	R\$3.500,00	R\$34.500,00	R\$1.683,56	R\$18.328,80
16	R\$3.500,00	R\$38.000,00	R\$1.603,39	R\$19.932,19
17	R\$3.500,00	R\$41.500,00	R\$1.527,04	R\$21.459,23
18	R\$3.500,00	R\$45.000,00	R\$1.454,32	R\$22.913,55
19	R\$3.500,00	R\$48.500,00	R\$1.385,07	R\$24.298,62
20	R\$3.500,00	R\$52.000,00	R\$1.319,11	R\$25.617,74
21	R\$3.500,00	R\$55.500,00	R\$1.256,30	R\$26.874,03
22	R\$3.500,00	R\$59.000,00	R\$1.196,47	R\$28.070,51
23	R\$3.500,00	R\$62.500,00	R\$1.139,50	R\$29.210,01
24	R\$3.500,00	R\$66.000,00	R\$1.085,24	R\$30.295,25
25	R\$3.500,00	R\$69.500,00	R\$1.033,56	R\$31.328,81

Fonte: Autoria Própria.

Já na Tabela 2, encontram-se dispostos os resultados obtidos de *payback* simples e descontado, além do VPL e da TIR, para uma taxa anual de 5%.

Tabela 2: Taxa anual utilizada e resultados obtidos para o sistema de 2018 e com módulos de 330W.

TAXA ANUAL	5%
PAYBACK SIMPLES	5,142857143
PAYBACK DESCONTADO	6,090007625
VPL	R\$13.168,65
TIR	13,53%

Fonte: Autoria Própria.

Na Tabela 3, encontram-se os resultados obtidos para o primeiro orçamento realizado pela empresa com os módulos fotovoltaicos de 460W.

Tabela 3: Fluxos de caixa e saldos simples e descontado ano a ano para o orçamento 1 e com módulos de 460W.

ANO	FLUXO	SALDO	FLUXO DESCONTADO	SALDO DESCONTADO
0	-R\$11.046,25	-R\$11.046,25	-R\$11.046,25	-R\$11.046,25
1	R\$3.500,00	-R\$7.546,25	R\$3.333,33	-R\$7.712,92
2	R\$3.500,00	-R\$4.046,25	R\$3.174,60	-R\$4.538,31
3	R\$3.500,00	-R\$546,25	R\$3.023,43	-R\$1.514,88
4	R\$3.500,00	R\$2.953,75	R\$2.879,46	R\$1.364,58
5	R\$3.500,00	R\$6.453,75	R\$2.742,34	R\$4.106,92
6	R\$3.500,00	R\$9.953,75	R\$2.611,75	R\$6.718,67
7	R\$3.500,00	R\$13.453,75	R\$2.487,38	R\$9.206,06
8	R\$3.500,00	R\$16.953,75	R\$2.368,94	R\$11.574,99
9	R\$3.500,00	R\$20.453,75	R\$2.256,13	R\$13.831,13
10	R\$3.500,00	R\$23.953,75	R\$2.148,70	R\$15.979,82
11	R\$3.500,00	R\$27.453,75	R\$2.046,38	R\$18.026,20
12	R\$3.500,00	R\$30.953,75	R\$1.948,93	R\$19.975,13
13	R\$3.500,00	R\$34.453,75	R\$1.856,12	R\$21.831,26
14	R\$3.500,00	R\$37.953,75	R\$1.767,74	R\$23.598,99
15	R\$3.500,00	R\$41.453,75	R\$1.683,56	R\$25.282,55
16	R\$3.500,00	R\$44.953,75	R\$1.603,39	R\$26.885,94
17	R\$3.500,00	R\$48.453,75	R\$1.527,04	R\$28.412,98
18	R\$3.500,00	R\$51.953,75	R\$1.454,32	R\$29.867,30
19	R\$3.500,00	R\$55.453,75	R\$1.385,07	R\$31.252,37
20	R\$3.500,00	R\$58.953,75	R\$1.319,11	R\$32.571,49
21	R\$3.500,00	R\$62.453,75	R\$1.256,30	R\$33.827,78
22	R\$3.500,00	R\$65.953,75	R\$1.196,47	R\$35.024,26
23	R\$3.500,00	R\$69.453,75	R\$1.139,50	R\$36.163,76
24	R\$3.500,00	R\$72.953,75	R\$1.085,24	R\$37.249,00
25	R\$3.500,00	R\$76.453,75	R\$1.033,56	R\$38.282,56

Fonte: Autoria Própria.

Assim como na Tabela 2, a Tabela 4 dispõe os resultados obtidos de *payback* simples e descontado, além do VPL e da TIR, para a mesma taxa anual de 5%. É possível perceber que o *payback* diminuiu significativamente, enquanto o VPL aumentou e a TIR aumentaram.

Tabela 4: Taxa anual utilizada e resultados obtidos para o orçamento 1 com módulos de 460W.

TAXA ANUAL	5%
PAYBACK SIMPLES	3,156071429
PAYBACK DESCONTADO	3,42752475
VPL	R\$20.122,40
TIR	25,38%

Fonte: Autoria Própria.

Na Tabela 5, encontram-se os resultados obtidos para o orçamento realizado pela empresa com os módulos fotovoltaicos de 550W. Apesar dos valores estarem bem próximos dos que foram obtidos com os módulos de 460W, percebe-se que os resultados são um pouco melhores.

Tabela 5: Fluxos de caixa e saldos simples e descontado ano a ano para o orçamento 2 e com módulos de 550W.

ANO	FLUXO	SALDO	FLUXO DESCONTADO	SALDO DESCONTADO
0	-R\$10.950,98	-R\$10.950,98	-R\$10.950,98	-R\$10.950,98
1	R\$3.500,00	-R\$7.450,98	R\$3.333,33	-R\$7.617,65
2	R\$3.500,00	-R\$3.950,98	R\$3.174,60	-R\$4.443,04
3	R\$3.500,00	-R\$450,98	R\$3.023,43	-R\$1.419,61
4	R\$3.500,00	R\$3.049,02	R\$2.879,46	R\$1.459,85
5	R\$3.500,00	R\$6.549,02	R\$2.742,34	R\$4.202,19
6	R\$3.500,00	R\$10.049,02	R\$2.611,75	R\$6.813,94
7	R\$3.500,00	R\$13.549,02	R\$2.487,38	R\$9.301,33
8	R\$3.500,00	R\$17.049,02	R\$2.368,94	R\$11.670,26
9	R\$3.500,00	R\$20.549,02	R\$2.256,13	R\$13.926,40
10	R\$3.500,00	R\$24.049,02	R\$2.148,70	R\$16.075,09
11	R\$3.500,00	R\$27.549,02	R\$2.046,38	R\$18.121,47
12	R\$3.500,00	R\$31.049,02	R\$1.948,93	R\$20.070,40
13	R\$3.500,00	R\$34.549,02	R\$1.856,12	R\$21.926,53
14	R\$3.500,00	R\$38.049,02	R\$1.767,74	R\$23.694,26
15	R\$3.500,00	R\$41.549,02	R\$1.683,56	R\$25.377,82
16	R\$3.500,00	R\$45.049,02	R\$1.603,39	R\$26.981,21
17	R\$3.500,00	R\$48.549,02	R\$1.527,04	R\$28.508,25
18	R\$3.500,00	R\$52.049,02	R\$1.454,32	R\$29.962,57
19	R\$3.500,00	R\$55.549,02	R\$1.385,07	R\$31.347,64
20	R\$3.500,00	R\$59.049,02	R\$1.319,11	R\$32.666,76
21	R\$3.500,00	R\$62.549,02	R\$1.256,30	R\$33.923,05
22	R\$3.500,00	R\$66.049,02	R\$1.196,47	R\$35.119,53
23	R\$3.500,00	R\$69.549,02	R\$1.139,50	R\$36.259,03
24	R\$3.500,00	R\$73.049,02	R\$1.085,24	R\$37.344,27
25	R\$3.500,00	R\$76.549,02	R\$1.033,56	R\$38.377,83

Fonte: Autoria Própria.

Assim como nas Tabela 2 e Tabela 4, a Tabela 6 dispõe os resultados obtidos de *payback* simples e descontado, além do VPL e da TIR, para uma taxa anual de 5%. No entanto, é possível perceber que esta possui os menores tempos de *payback*, além dos maiores valores de VPL e TIR, apresentando então os melhores resultados.

Tabela 6: Taxa anual utilizada e resultados obtidos para o orçamento 2 com módulos de 550W.

TAXA ANUAL	5%
PAYBACK SIMPLES	3,128851429
PAYBACK DESCONTADO	3,391047347
VPL	R\$20.217,67
TIR	25,65%

Fonte: Autoria Própria.

É importante destacar que em janeiro de 2023 entrou em vigor no Brasil a Lei 14.300, também conhecida como marco legal da GD. A principal característica desta nova Lei é a mudança de compensação de crédito de energia, onde todos os novos projetos instalados após 07 de janeiro de 2023 terão que pagar uma porcentagem sobre o Fio B, que contempla os custos de serviços prestados pelas distribuidoras de energia elétrica. (PORTAL SOLAR, 2022).

De acordo com o Art. 27 da Lei, publicado no dia 07 de janeiro de 2022 no Diário Oficial da União, as tarifas cobradas são relacionadas aos ativos do serviço, à depreciação dos ativos de distribuição e ao custo de operação e manutenção do serviço de distribuição. Estes valores serão gradualmente cobrados ao longo dos anos, conforme é possível observar a seguir:

- I - 15% (quinze por cento) a partir de 2023;
- II - 30% (trinta por cento) a partir de 2024;
- III - 45% (quarenta e cinco por cento) a partir de 2025;
- IV - 60% (sessenta por cento) a partir de 2026;
- V - 75% (setenta e cinco por cento) a partir de 2027;
- VI - 90% (noventa por cento) a partir de 2028;
- VII - a regra disposta no art. 17 da Lei a partir de 2029.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do presente trabalho, foi possível analisar a evolução da energia solar nos últimos anos e entender a necessidade da transição energética que o mundo está passando. Por meio do estudo realizado anteriormente, foi possível obter que o retorno do investimento aconteceria em 5,14 anos, ou ainda 5 anos, 1 mês e 21 dias, com um Valor Presente Líquido de R\$13.168,65 e uma Taxa Interna de Retorno de 13,53%.

Caso o investimento fosse realizado nos dias de hoje, para o orçamento 1 constituído de módulos de 460W, o tempo de *payback* simples seria de 3,16 anos, correspondente a 3 anos, 1 mês e 27 dias, enquanto o *payback* descontado seria de 3,43 anos, ou ainda 3 anos, 5 meses e 5 dias, além de um VPL de R\$20.122,40 e uma TIR de 25,38%. Já para o segundo orçamento, com módulos de 550W, o tempo de *payback* simples seria de 3,13 anos ou 3 anos, 1 mês e 17 dias, enquanto o *payback* descontado seria de 3,39 anos, equivalente a 3 anos, 4 meses e 20 dias, com um VPL de R\$20.217,67 e uma TIR de 25,65% sendo este o melhor resultado obtido.

Com estes resultados obtidos, é possível perceber o quanto a tecnologia avançou nos últimos anos, visto que um sistema de 2kW é capaz de produzir a mesma quantidade de energia com um menor número de placas em uma menor área. Enquanto o sistema de 6 módulos que foi instalado no ano de 2018 ocupa uma área de 11m², o sistema de 4 módulos oferecido pelo orçamento 2 ocupa uma área de apenas 8m². Ou seja, em menos de 5 anos é possível produzir a mesma quantidade de energia em uma área aproximadamente 27% menor e com uma quantidade 33% menor de módulos.

Além do mais, o tempo de *payback* com os novos módulos diminuiu em aproximadamente 2 anos. A TIR aumentou em quase 90% e o VPL aumentou em mais de R\$7.000,00. Com isso, é possível provar o avanço da tecnologia e mostrar que caso o mesmo sistema de 2kW tivesse sido instalado nos dias de hoje, o investidor teria o retorno de seu investimento em um período bem mais curto e, conseqüentemente, uma economia maior ao longo dos anos de funcionamento do sistema.

Como o aumento da taxa da Lei 14.300 é gradual ao longo dos anos e o trabalho tem por objetivo apenas o comparativo do avanço da tecnologia, deixa-se como sugestão para trabalhos futuros o cálculo dos tempos de *payback*, TIR e VPL.

REFERÊNCIAS

ABSOLAR. **Entenda como funciona a energia solar fotovoltaica.** Disponível em: <<https://www.absolar.org.br/MERCADO/O-QUE-E-ENERGIA-SOLAR-FOTOVOLTAICA/>>. Acesso 03 Fevereiro 2023.

CANAL SOLAR. **Brasil acrescentou mais de 9GW de potência de energia solar em 2022.** Disponível em: <<https://canalsolar.com.br/brasil-acrescentou-mais-de-9-gw-de-potencia-de-energia-solar-em-2022/#:~:text=De%20acordo%20com%20os%20dados,todo%20o%20ano%20de%202021>>. Acesso 04 Fevereiro 2023.

CANAL SOLAR. **GD registra crescimento durante pandemia.** Disponível em: <<https://canalsolar.com.br/GD-REGISTRA-CRESCIMENTO-DURANTE-A-PANDEMIA/>>. Acesso 04 Fevereiro 2023.

CNN BRASIL. **Capacidade da energia solar no Brasil deve crescer 42% em 2023.** Disponível em: < <https://www.cnnbrasil.com.br/BUSINESS/CAPACIDADE-DE-ENERGIA-SOLAR-NO-BRASIL-DEVE-CRESCER-42-EM-2023-DIZ-ABSOLAR/>>. Acesso 04 Fevereiro 2023.

DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO. **Lei 14.300.** Disponível em: <<https://in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-14.300-de-6-de-janeiro-de-2022-372467821>>. Acesso 14 Abril 2023.

ENERGÊS. **Diferença entre ACR e ACL.**

Disponível em: <<http://energes.com.br/DIFERENCA-ENTRE-ACR-E-ACL/>>. Acesso 03 Fevereiro 2023.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica.** Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** São Paulo, SP: Atlas, 2002.

PORTAL SOLAR. **Lei 14300: Como a energia solar será taxada em 2023?**
Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/noticias/mercado/geracao-distribuida/lei-14-300-como-a-energia-solar-sera-taxada-em-2023>>. Acesso 14 Abril 2023.

RAÍZEN. **Transição energética: o que é, como ela ocorre no Brasil e os 5Ds.**
Disponível em: <<https://www.raizen.com.br/blog/transicao-energetica>>. Acesso 04 Fevereiro 2023.

APÊNCIDE 1 – TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

VIOLADA, V. M. **Análise de Viabilidade na Instalação de Sistema Fotovoltaico.**

Disponível em:

<https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/28940/1/CP_COELT_2020_1_45.pdf>

ANEXO 1 – ORÇAMENTO 1

1. SISTEMA FOTOVOLTAICO

PLACAS SOLARES:	4 UN.	Canadian Solar
POTÊNCIA DOS MÓDULOS:	550 W	
INVERSOR:	Growatt	2,0 kW
POTÊNCIA DO SISTEMA:	2,20 kWp	
GERAÇÃO MÉDIA MENSAL:	253,33 kWh	68,89% de sobra
CONSUMO MÉDIO MENSAL:	150,00 kWh	
ÁREA NECESSÁRIA	8 m ²	

ITENS E SERVIÇOS INCLUSOS

ACOMPANHAMENTO DO ENGENHEIRO ELETRICISTA NA INSTALAÇÃO
RESPONSABILIDADE TÉCNICA (ART) DE PROJETO ELÉTRICO E EXECUÇÃO
HOMOLOGAÇÃO JUNTO À CONCESSIONÁRIA DE ENERGIA
MATERIAIS ELÉTRICOS
ESTRUTURA 100% EM ALUMINÍO REFORÇADA APROPRIADA PARA FIXAÇÃO DOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS
STRING BOX - PROTEÇÃO COMPLETA
CONECTORES MC4 MACHO/FÊMEA PV
CABO SOLAR 6MM - PRETO + VERMELHO - UVA+UVB
ACOMPANHAMENTO, ANÁLISE E RELATÓRIO DA PRODUÇÃO DE ENERGIA
MONITORAMENTO DO SISTEMA VIA WEB (INTERNET + APLICATIVOS)
ATENDIMENTO EMERGENCIAL
INSTALAÇÃO COMPLETA E COMISSIONAMENTO DA CONCESSIONÁRIA
FRETE INCLUSO
OBS: ITENS EXCLUSOS, OBRAS DE ALVENARIA, ADEQUAÇÃO DE PADRÃO DE ENTRADA DE ENERGIA, REFORÇOS ESTRUTURAIS.

2. GARANTIAS

MÓDULOS:	10 ANOS - DEFEITO DE FABRICAÇÃO
	25 ANOS - PERDA DE POTÊNCIA INFERIOR A 20%
INVERSORES:	5 ANOS - DEFEITO DE FABRICAÇÃO
ESTRUTURAS DE FIXAÇÃO:	5 ANOS - DEFEITO DE FABRICAÇÃO
INSTALAÇÃO:	1 ANO - DEFEITO DE INSTALAÇÃO

3. VALORES E ANÁLISE FINANCEIRA

VALOR DO INVESTIMENTO

R\$ 10.950,98

- ▶ Pagamento à vista;
- ▶ Financiamento em até 72x e carência de 90 dias para começar a pagar.

ANEXO 2 – ORÇAMENTO 2

1. SISTEMA FOTOVOLTAICO

PLACAS SOLARES:	5 UN.	Canadian Solar
POTÊNCIA DOS MÓDULOS:	460 W	
INVERSOR:	Growatt	2,0 kW
POTÊNCIA DO SISTEMA:	2,30 kWp	
GERAÇÃO MÉDIA MENSAL:	264,85 kWh	76,57% de sobra
CONSUMO MÉDIO MENSAL:	150,00 kWh	
ÁREA NECESSÁRIA	10 m ²	

ITENS E SERVIÇOS INCLUSOS

ACOMPANHAMENTO DO ENGENHEIRO ELETRICISTA NA INSTALAÇÃO
 RESPONSABILIDADE TÉCNICA (ART) DE PROJETO ELÉTRICO E EXECUÇÃO
 HOMOLOGAÇÃO JUNTO À CONCESSIONÁRIA DE ENERGIA
 MATERIAIS ELÉTRICOS
 ESTRUTURA 100% EM ALUMINÍO REFORÇADA APROPRIADA PARA FIXAÇÃO DOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS
 STRING BOX - PROTEÇÃO COMPLETA
 CONECTORES MC4 MACHO/FÊMEA PV
 CABO SOLAR 6MM - PRETO + VERMELHO - UVA+UVB
 ACOMPANHAMENTO, ANÁLISE E RELATÓRIO DA PRODUÇÃO DE ENERGIA
 MONITORAMENTO DO SISTEMA VIA WEB (INTERNET + APLICATIVOS)
 ATENDIMENTO EMERGENCIAL
 INSTALAÇÃO COMPLETA E COMISSIONAMENTO DA CONCESSIONÁRIA
 FRETE INCLUSO
 OBS: ITENS EXCLUSOS, OBRAS DE ALVENARIA, ADEQUAÇÃO DE PADRÃO DE ENTRADA DE ENERGIA, REFORÇOS ESTRUTURAIS.

2. GARANTIAS

MÓDULOS:	10 ANOS - DEFEITO DE FABRICAÇÃO
	25 ANOS - PERDA DE POTÊNCIA INFERIOR A 20%
INVERSORES:	5 ANOS - DEFEITO DE FABRICAÇÃO
ESTRUTURAS DE FIXAÇÃO:	5 ANOS - DEFEITO DE FABRICAÇÃO
INSTALAÇÃO:	1 ANO - DEFEITO DE INSTALAÇÃO

3. VALORES E ANÁLISE FINANCEIRA

VALOR DO INVESTIMENTO

R\$ 11.046,25

-  Pagamento à vista;
-  Financiamento em até 72x e carência de 90 dias para começar a pagar.